

**Turbomaschine und beschauelter Rotor für eine Verdichterstufe  
einer Turbomaschine**

Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des weiteren betrifft die Erfindung einen Rotor für eine Verdichterstufe einer Turbomaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

Bei Turbomaschinen, insbesondere bei Gasturbinen, ist es bekannt, im Verdichter der Turbomaschine die Laufschaufeln an einem Rotor dadurch zu befestigen, dass die Laufschaufeln mit ihren Schaufelfüßen in einer in Umfangsrichtung des Rotors verlaufenden, also den Rotor in Umfangsrichtung umschließenden, Haltenut gehalten und damit fixiert werden. Ein Rotordesign mit in einer in Umfangsrichtung verlaufenden Haltenut zur Fixierung der Laufschaufeln wird auch als Umfangsnut-Rotordesign oder Umfangsnut-Schaufeldesign bezeichnet. Zur Einführung der Schaufelfüße in die korrespondierend ausgebildete Haltenut dient eine Befüllungsnut. Die Befüllungsnut ist so bemessen, dass die Laufschaufeln mit ihren Schaufelfüßen in die Befüllungsnut eingeschwenkt werden können, um anschließend in der Haltenut in Umfangsrichtung verschoben zu werden. Es ist demnach bereits Stand der Technik, dass die Breite der Befüllungsnut an die Breite der Schaufelfüße der Laufschaufeln angepasst ist.

Da die Laufschaufeln während des Betriebs des Rotors bzw. der Turbomaschine infolge hoher Drehzahlen hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind, ist es von Wichtigkeit, dass die Schaufelfüße insbesondere im Bereich eines Schaufelhalses über einen ausreichend großen Querschnitt und damit eine ausreichende Festigkeit verfügen. Da die Breite der Befüllungsnut an die Breite der Schaufelfüße angepasst sein muss und des weiteren nach der Montage der Laufschaufeln in der Haltenut des Rotors kein Schaufelfuß in die Befüllungsnut hineinragen darf, verfügen nach dem Stand der Technik die Laufschaufeln über Schaufelfüße, die maximal die Breite der halben Schaufelteilung aufweisen. Unter der Schaufelteilung ist die in Umfangsrichtung des Rotors gesehene, durch die Umfangserstreckung der Laufschaufeln bewirkte Verteilung der Laufschaufeln über den Umfang des Rotors zu verstehen.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Turbomaschine sowie einen neuartigen Rotor für eine Verdichterstufe einer Turbomaschine zu schaffen..

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die eingangs genannte Turbomaschine durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß ist die Breite der Schaufelfüße und die Breite der oder jeder Befüllungsnut in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten bzw. nominellen Schaufelteilung, wobei im Bereich der oder jeder Befüllungsnut eine erste Anzahl von Laufschaufeln mit gewünschter Schaufelteilung durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind, und wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind mehrere Befüllungsnute über den Umfang des Rotors gleichmäßig verteilt, wobei die Breite jeder Befüllungs- nut in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung ist, und wobei im Bereich jeder Befüllungs- nut eine erste Anzahl von Laufschaufeln mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind, wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.

Vorzugsweise sind im Bereich der oder jeder Befüllungs- nut drei Laufschaufeln mit gewünschter Schaufelteilung durch zwei Laufschaufeln mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht.

Der erfindungsgemäße Rotor für eine Verdichterstufe einer Turbomaschine ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 7 gekennzeichnet.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unter- ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: einen Ausschnitt aus einem erfindungsgemäßen Rotor für eine Verdichterstufe einer Turbomaschine in stark schematisierter Darstellung.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 in größerem Detail beschrieben. Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Rotor 10 eines Verdichters einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine. Gemäß Fig. 1 sind in Umfangsrichtung des Rotors 10 nebeneinander mehrere Laufschaufeln 11 bzw. 12 angeordnet. Fig. 1 ist eine stark schematisierte Darstellung, so dass Fig. 1 lediglich die Schaufelfüße 13 bzw. 14 der Laufschaufeln 11 bzw. 12 zeigt. Lediglich für zwei Laufschaufeln 11 im rechten Rand der Fig. 1 sind die Schaufelblätter 15 derselben angedeutet.

Die Laufschaufeln 11 bzw. 12 sind mit ihren Schaufelfüßen 13 bzw. 14 in einer sich in Umfangsrichtung des Rotors 10 erstreckenden Haltenut fixiert. Diese Haltenut ist in Fig. 1 durch eine mit der Bezugsziffer 16 gekennzeichnete Linie dargestellt.

Im Bereich des in Fig. 1 dargestellten Umfangsabschnitts des Rotors 10 ist eine Befüllungsnut 17 angeordnet. Über die Befüllungsnut 17 sind die Laufschaufeln 11 bzw. 12 mit ihren Schaufelfüßen 13 bzw. 14 in die Haltenut 16 einführbar. Die Befüllungs-  
nut 17 ist in ihrer Breite an die Breite der Schaufelfüße 13 und 14 angepasst.

Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung von dem nach dem Stand der Technik erforderlichen Konstruktionsprinzip, dass die Umfangserstreckung der Schaufelfüße maximal der halben nominellen bzw. gewünschten Schaufelteilung entsprechen kann, abzuweichen.

Im Sinne der Erfindung werden hierzu in die Haltenut 16 des Rotors 10 Laufschaufeln 11 mit einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung und Laufschaufeln 12 mit einer vergrößerten Schaufelteilung angeordnet. Die Breite der Schaufelfüße 13 und 14 der beiden Typen von Laufschaufeln 11, 12 ist gleich und an die Breite der Befüllungs-  
nut 17 angepasst. Im Bereich der Befüllungs-  
nut 17 ist eine erste Anzahl von Lauf-

schaufeln 11 mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln 12 mit vergrößerter Schaufelteilung ersetzt, wobei die erste Anzahl größer ist als die zweite Anzahl. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind im Bereich der Befüllungsnut 17 anstelle von drei Laufschaufeln 11 mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung zwei Laufschaufeln 12 mit vergrößerter Schaufelteilung angeordnet. Hierdurch ist es möglich, dass entlang des Umfangs des Rotors 10 eine Vielzahl von Laufschaufeln 11 positioniert werden kann, deren Schaufelfüße 13 eine Umfangserstreckung aufweisen, die größer ist als die halbe, nominelle bzw. gewünschte Schaufelteilung. Lediglich im Bereich der Befüllungsnut 17 sind Laufschaufeln 12 mit einer größeren Schaufelteilung bzw. mit Schaufelfüßen 14, deren Umfangserstreckung der halben vergrößerten Schaufelteilung entspricht, vorgesehen, um sicherzustellen, dass die Schaufelfüße 14 derselben nach der Montage nicht in den Bereich der Befüllungsnut 17 hineinragen. Die Bereiche des Rotors, in denen Laufschaufeln 11 mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung angeordnet sind, sind in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 18, die Bereiche mit vergrößerter Schaufelteilung sind mit der Bezugsziffer 19 gekennzeichnet.

Durch das oben beschriebene, erfindungsgemäße Konstruktionsprinzip ist es möglich, mehrere Laufschaufeln mit einer geringeren Schaufelteilung entlang des Umfangs des Rotors 10 in der in Umfangsrichtung verlaufenden Haltenut 16 anzuordnen, und gleichzeitig durch eine Vergrößerung der Umfangserstreckung bzw. Breite der Schaufelfüße in Umfangsrichtung für eine erhöhte Festigkeit und damit Belastbarkeit derselben zu sorgen.

In dem in Fig. 1 dargestellten Ausschnitt aus dem Rotor 10 ist eine Befüllungsnut 17 mit im Bereich der Befüllungsnut 17 positionierten Laufschaufeln 12 mit gegenüber der gewünschten, nominellen Schaufelteilung vergrößerter Schaufelteilung dargestellt. Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, über den Umfang des Rotors mehrere solcher Befüllungsnuten 17 anzuordnen, wobei die Befüllungsnuten 17 gleichmäßig über den Umfang des Rotors 10 verteilt sind. Bei zwei Befüllungsnuten würde dies bedeuten, dass die Befüllungsnuten sich diametral gegenüberliegen. Hierdurch wird eine Symmetrie über den Umfang des Rotors gewährleistet, was im Hinblick auf die Vermeidung von Unwuchten und die Vermeidung von asymmetrischen Belastungen am Rotor 10 von Vorteil ist.

Wie Fig. 1 entnommen werden kann, verfügen die Laufschaufeln 12 mit vergrößerter Schaufelteilung gegenüber den Laufschaufeln 11 mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung über einen vergrößerten Plattformbereich 20. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Plattformbereich 20 der Laufschaufeln 12 mit vergrößerter Schaufelteilung um jeweils 50 % größer als ein Plattformbereich 21 der Laufschaufeln 11 mit nomineller Schaufelteilung.

## Patentansprüche

1. Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit mindestens einer Verdichterstufe, mit einem Rotor je Verdichterstufe und mit mehreren in Umfangsrichtung eines Rotors nebeneinander positionierten Laufschaufeln, wobei jede Laufschaufel einen Schaufelfuß aufweist, wobei jede Laufschaufel über den Schaufelfuß in einer sich in Umfangsrichtung des Rotors erstreckenden Haltenut fixierbar ist, wobei jede Laufschaufel über mindestens eine Befüllungsnut mit ihren Schaufelfüßen in die Haltenut einführbar ist, und wobei die Breite der Befüllungsnut an die Breite der Schaufelfüße angepasst ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Schaufelfüße (13, 14) und die Breite der oder jeder Befüllungsnut (17) in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung (18) ist, wobei im Bereich der oder jeder Befüllungsnut (17) eine erste Anzahl von Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung (18) durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung (19) ausgetauscht sind, und wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.
2. Turbomaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Befüllungsnuten (17) über den Umfang des Rotors (10) gleichmäßig verteilt sind, wobei die Breite jeder Befüllungsnut (17) in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung ist, und wobei im Bereich jeder Befüllungsnut (17) eine erste Anzahl von Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind, wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.
3. Turbomaschine nach Anspruch 2, **gekennzeichnet durch** zwei sich diametral gegenüberliegende Befüllungsnuten.
4. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der oder jeder Befüllungsnut drei Lauf-

schaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch zwei Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind.

5. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung einen gegenüber den Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung in Umfangrichtung vergrößerten Plattformbereich (20) aufweisen.
6. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Befüllungsnut (17) in Umfangsrichtung in etwa der halben Breite der vergrößerten Schaufelteilung entspricht.
7. Rotor für eine Verdichterstufe einer Turbomaschine, insbesondere einer Gasturbine, mit mehreren in Umfangsrichtung des Rotors nebeneinander positionierten Laufschaufeln, wobei jede Laufschaufel einen Schaufelfuß aufweist, wobei jede Laufschaufel über den Schaufelfuß in einer sich in Umfangsrichtung des Rotors erstreckenden Haltenut fixierbar ist, wobei jede Laufschaufel über mindestens eine Befüllungsnut mit ihren Schaufelfüßen in die Haltenut einführbar ist, und wobei die Breite der Befüllungsnut an die Breite der Schaufelfüße angepasst ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Schaufelfüße (13, 14) und die Breite der oder jeder Befüllungsnut (17) in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung (18) ist, wobei im Bereich der oder jeder Befüllungsnut (17) eine erste Anzahl von Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung (18) durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung (19) ausgetauscht sind, und wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.
8. Rotor nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Befüllungsnute (17) über den Umfang des Rotors (10) gleichmäßig verteilt sind, die Breite jeder Befüllungsnut (17) in Umfangsrichtung größer als die halbe Breite einer gewünschten, nominellen Schaufelteilung ist, und wobei im Bereich jeder Befüllungsnut (17) eine erste Anzahl von Laufschaufeln (11) mit

gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch eine zweite Anzahl von Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind, wobei die erste Anzahl größer als die zweite Anzahl ist.

9. Rotor nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** zwei sich diametral gegenüberliegende Befüllungsute.
10. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der oder jeder Befüllungsut drei Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung durch zwei Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung ausgetauscht sind.
11. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Laufschaufeln (12) mit vergrößerter Schaufelteilung einen gegenüber den Laufschaufeln (11) mit gewünschter, nomineller Schaufelteilung in Umfangrichtung vergrößerten Plattformbereich (20) aufweisen.
12. Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Befüllungsut (17) in Umfangsrichtung in etwa der halben Breite der vergrößerten Schaufelteilung entspricht.



